

Ink jet recording head

Patent Number: ☐ US6161924
Publication date: 2000-12-19
Inventor(s): MACHIDA OSAMU (JP); SHIMIZU KAZUO (JP); MITANI MASAO (JP); YAMADA KENJI (JP); KAWASUMI KATSUNORI (JP)
Applicant(s): FUJI PHOTO FILM CO LTD (JP)
Requested Patent: ☒ JP9300623
Application Number: US19970857858 19970516
Priority Number (s): JP19960122091 19960517
IPC Classification: B41J2/05
EC Classification: B41J2/14B5R2
Equivalents:

Abstract

In an ink jet recording head, the thin-film thermal resistor is covered by an electrically-insulating oxidation film. An inorganic insulation layer is formed over a part of the thin-film thermal resistor and the thin-film conductor. An organic insulation layer is formed over at least a part of the inorganic insulation layer that covers the connecting edge of the connection portion between the thin-film thermal resistor and the thin-film conductor.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-300623

(43) 公開日 平成9年(1997)11月25日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 4 1 J	2/05		B 4 1 J	3/04
	2/16			1 0 3 B
				1 0 3 H

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-122091

(22) 出願日 平成8年(1996)5月17日

(71) 出願人 000005094

日立工機株式会社

東京都千代田区大手町二丁目6番2号

(72) 発明者 三谷 正男

茨城県ひたちなか市武田1060番地 日立工機株式会社内

(72) 発明者 山田 健二

茨城県ひたちなか市武田1060番地 日立工機株式会社内

(72) 発明者 町田 治

茨城県ひたちなか市武田1060番地 日立工機株式会社内

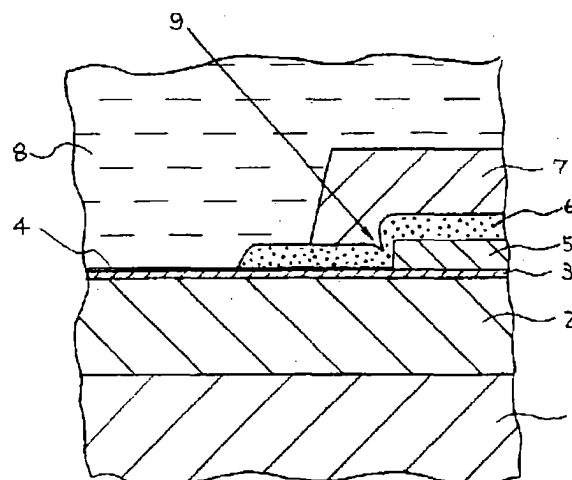
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インクジェット記録ヘッド及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、熱エネルギーを利用してインク液滴を記録媒体に向けて飛翔させる形式の記録装置に関するもので、特にインクジェット記録ヘッドの熱効率を飛躍的に向上させると共に、その高い信頼性を実現することを課題とする。

【解決手段】 インクジェット記録ヘッドにおいて、薄膜発熱抵抗体が絶縁性自己酸化膜で覆われ、前記薄膜発熱抵抗体の一部とこれに接続する薄膜導体が無機絶縁物層で覆われ、更に前記接続部近傍を含む前記無機絶縁物層が有機絶縁物層で覆われている構成とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 インク吐出口近傍に設けられた薄膜発熱抵抗体にパルス通電することによってインク流路中のインクの一部を急速に気化させ、この気泡の膨張力によって前記吐出口から液滴状インクを吐出させて記録するインクジェット記録ヘッドにおいて、前記薄膜発熱抵抗体が絶縁性自己酸化膜で覆われ、前記薄膜発熱抵抗体の一部とこれに接続する薄膜導体が無機絶縁物層で覆われ、更に前記接続部近傍を含む前記無機絶縁物層が有機絶縁物層で覆われていることを特徴とするインクジェット記録ヘッド。

【請求項2】 インク吐出口近傍に設けられた薄膜発熱抵抗体にパルス通電することによってインク流路中のインクの一部を急速に気化させ、この気泡の膨張力によって前記吐出口から液滴状インクを吐出させて記録するインクジェット記録ヘッドにおいて、前記薄膜発熱抵抗体が絶縁性自己酸化膜で覆われ、前記薄膜発熱抵抗体の一部とこれに接続する個別電極側薄膜導体が無機絶縁物層で覆われ、更に前記接続部近傍を含む前記無機絶縁物層が有機絶縁物層で覆われていることを特徴とするインクジェット記録ヘッド。

【請求項3】 前記インクジェット記録ヘッドは、前記薄膜発熱抵抗体とほぼ垂直の方向にインク滴が吐出するトップシュータタイプであって、前記有機絶縁物層が前記インク流路を形成する隔壁を構成するものであることを特徴とする請求項2記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項4】 前記無機絶縁物層がリフトオフ法とスパッタ法によって形成されたものであることを特徴とする請求項1～3記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項5】 前記薄膜発熱抵抗体が、 $64\% \leq \text{Ta} \leq 85\%$ 、 $5\% \leq \text{Si} \leq 26\%$ 、 $6\% \leq \text{O} \leq 15\%$ の範囲にあるTa-Si-O三元合金からなることを特徴とする請求項1～4記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項6】 前記薄膜発熱抵抗体に接続する薄膜導体がNi金属からなることを特徴とする請求項1～5記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項7】 前記インクジェット記録ヘッドを用いたことを特徴とするインクジェット記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、熱エネルギーを利用してインク液滴を記録媒体に向けて飛翔させる形式のインクジェット記録ヘッドに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 パルス加熱によってインクの一部を急速に気化させ、その膨張力によってインク液滴をオリフィスから吐出させる方式のインクジェット記録装置は特開昭48-9622号公報、特開昭54-51837号公報等によって開示されている。

【0003】 このパルス加熱の最も簡便な方法はヒータ

にパルス通電することであり、その具体的な方法が日経メカニカル1992年12月28日号58ページ、及びHewlett-Packard-Journal, Aug. 1988で発表されている。これら従来のヒータの共通する基本的構成は、薄膜抵抗体と薄膜導体を厚さ約 $3\mu\text{m}$ の酸化防止層で被覆し、この上に該酸化防止層のキャビテーション破壊を防ぐ目的で、厚さ約 $0.5\mu\text{m}$ のTa金属層を被覆するというものであった。

【0004】 しかし、このように厚い保護層を介してインクをパルス加熱するため、インク吐出に必要な投入エネルギーは $15\sim 30\mu\text{J}$ /パルスにも達し、その殆どのエネルギーは基板（ヘッド）の昇温に消費されるという大きな欠点があった。

【0005】 これを抜本的に改善する目的で、本発明者はTa-Si-O三元合金薄膜抵抗体を開発し、これを熱酸化することでその表面に約 100\AA という厚さの電気絶縁性と機械的強度に優れた自己酸化被膜を形成する方法を発明した（特願平07-43968号、および特願平07-340486号参照）。

【0006】 これによって、インクの吐出に必要なエネルギーは $2.4\sim 2.7\mu\text{J}$ /パルスにまで低減され、しかも安定な吐出に最適な加熱速度範囲（ $1\times 10^8\sim 5\times 10^8\text{K/s}$ ）をこのヒータによって容易に実現できるようになった（本発明者の特願平07-285650号参照）。

【0007】 一方、自己酸化膜を持つTa-Si-O三元合金薄膜抵抗体を有効に利用するためには、インク中でも腐蝕しない通電電極用の薄膜金属材料が不可欠であり、本発明者は最適材料としてNiを選択してきた（特開平06-71888号公報等参照）。しかし、インク中で優れた耐蝕性を示す薄膜Ni導体でも、正極側の薄膜Ni導体は電蝕され易く、長時間の使用には問題のあることが分かった。

【0008】 そこで、薄膜抵抗体と垂直な方向にインクを吐出する方式のトップシュータタイプのインクジェット記録ヘッドにおいて、図3に示すように個別電極側のNi薄膜導体5を全て隔壁7で覆い保護する方法を開発した（特願平07-43968号）。この場合、樹脂材料からなる隔壁7がヒータ3（4）の一部をカバーする必要があるが、その部分の最高到達温度は 370°C 程度であり、ポリイミドのような耐熱性樹脂を用いれば1億パルスの信頼性試験に合格していた。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、同一基板上に $1000\sim 10000$ ノズルまたはこれ以上のノズル数を持つ大規模高集積のフルカラー用ヘッドを試作評価する過程で、目標寿命を下回るノズルが散見され、その原因が個別電極の電蝕によることが判明した。すなわち、ヘッド製造過程で導入される不可避なバラツキによって、樹脂隔壁の接するヒータ温度が 400°C を越えるケ

ースが発生していたのである。

【0010】本発明は、樹脂隔壁の接するヒータ表面の温度を十分に下げると共に、サイドシュータタイプのヘッドにも適用できる薄膜導体の保護方法を提供し、信頼性が高く、熱効率が飛躍的に向上したインクジェット記録ヘッドを実現することを課題とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題は、インク吐出口近傍に設けられた薄膜発熱抵抗体にパルス通電することによってインク流路中のインクの一部を急速に気化させ、この気泡の膨張力によって前記吐出口から液滴状インクを吐出させて記録するインクジェット記録ヘッドにおいて、前記薄膜発熱抵抗体が絶縁性自己酸化膜で覆われ、前記薄膜発熱抵抗体の一部とこれに接続する薄膜導体が無機絶縁物層で覆われ、更に前記接続部近傍を含む前記無機絶縁物層が有機絶縁物層で覆われた構成とすることにより達成される。

【0012】また、インク吐出口近傍に設けられた薄膜発熱抵抗体にパルス通電することによってインク流路中のインクの一部を急速に気化させ、この気泡の膨張力によって前記吐出口から液滴状インクを吐出させて記録するインクジェット記録ヘッドにおいて、前記薄膜発熱抵抗体が絶縁性自己酸化膜で覆われ、前記薄膜発熱抵抗体の一部とこれに接続する個別電極側薄膜導体が無機絶縁物層で覆われ、更に前記接続部近傍を含む前記無機絶縁物層が有機絶縁物層で覆われた構成とすることによって達成される。

【0013】更に、前記薄膜発熱抵抗体とはほぼ垂直の方向にインク滴が吐出するトップシュータタイプのインクジェット記録ヘッドにおいては、前記有機絶縁物層が前記インク流路を形成する隔壁を構成するものとするによって達成される。

【0014】前記無機絶縁物層はリフトオフ法とスパッタ法によって形成すると良い。

【0015】また、前記薄膜発熱抵抗体として、 $64\% \leq Ta \leq 85\%$ 、 $5\% \leq Si \leq 26\%$ 、 $6\% \leq O \leq 15\%$ の範囲にあるTa-Si-O三元合金を用いると良い。

【0016】更に、薄膜発熱抵抗体に接続する薄膜導体はNi金属を用いると良い。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明を説明する。

【0018】サイドシュータタイプのヘッドに本発明を適用した場合の断面図を図1に、またトップシュータタイプに適用した例を図2に示す。いずれの場合も、対向する共通薄膜導体はインクと同電位にあるので、薄膜導体材料がインクによって腐蝕されない限り保護する必要はない。しかし、電気伝導度の良いAlやCuを導体材料として使用する場合は、図1、図2の対向電極（共通

薄膜導体）側も図1と同様の保護方法を採用することで腐蝕を防止し、実用することが可能となる。

【0019】さて、図3に示すように、約 $0.1\mu m$ 厚さの薄膜抵抗体3が厚さ約 $2\mu m$ のSiO₂断熱層2とインク8または有機絶縁物層7と接し、この薄膜抵抗体に $1\mu s$ という短いパルス幅の印加電力を投入した場合、薄膜抵抗体の温度がどのように変化するかを一次元伝熱モデルではほぼ正確に解くことが出来る（日本機械学会編：伝熱工学資料第4版、丸善（1989）参照）。なお、薄膜抵抗体3の表面に形成されている絶縁性自己酸化膜4のこの計算に与える影響は非常に小さく、無視できる。

【0020】すなわち、純水または水性インクにインク吐出に最適なキャビア状核沸騰（本発明者の特願平07-285650号参照）を発生させるのに必要な印加エネルギーは $2.4W \times 1\mu s / 50\mu m^2$ ヒータであることから、純水または水性インクに接するヒータ表面の最高到達温度は $317^\circ C$ と求められる。この $317^\circ C$ という計算値は、純水における正確な実験から求められた $295^\circ C$ （飯田、他：日本機械学会論文集（B編）60(572)(1994-4)264参照）という値よりも若干高いが良く一致しているといえる。水性インクの場合は純水と殆ど変わらないと考えて良い。

【0021】一方、耐熱性樹脂隔壁7としてポリイミドを使用して同じエネルギーを印加した場合、隔壁7が接するヒータ表面の温度は約 $410^\circ C$ と計算され、インクに接する場合と同程度の誤差を考慮すると、約 $380^\circ C$ となることが分かる。すなわち、ヘッド製造工程で導入される不可避免的なバラツキによって、ポリイミドの分解開始温度を越える可能性が計算上からも推定できる。

【0022】本発明は、発熱抵抗体3（4）と有機絶縁物層（又は隔壁）7の間にSiO₂とかTa₂O₅という無機絶縁物層6を介在させ、無機絶縁物層6に接する有機絶縁物層（または隔壁）7が受ける最高温度を大幅に下げて、これによって高い信頼性を確保しようとするものである。

【0023】例えば、この無機絶縁物層6の厚さが $0.5\mu m$ と薄い場合でも、有機絶縁物層7に接する無機絶縁物層6の表面温度は $250^\circ C$ を越えることはない。すなわち、有機絶縁物層の材料として熱分解開始温度が $250^\circ C$ 以上の樹脂、例えばポリイミドなどを安心して用いることが可能となる。

【0024】また、この有機絶縁物層（または隔壁）7は、無機絶縁物層6に生じやすい膜欠陥、特に薄膜導体5による断差部に生じる欠陥9を完全に被覆し、この欠陥部から発生する電蝕破断事故を防ぐ役割を担っている。

【0025】すなわち、これら無機、有機絶縁物層は相互にその欠点をカバーし合い、その優れた性質を最大限に発揮し合った構成となっている。図1または図2に示

すように、基板の SiO_2 断熱層2と同系統の無機絶縁物層6を形成するためには、通常用いられるフォトリソ法は適用できない。しかし、リフトオフ法を用いて、 SiO_2 あるいは Ta_2O_5 をスパッタ法によって積層させる方法が適用でき、その膜厚が $0.5\mu\text{m}$ 程度と薄くてよいこともリフトオフ法にとって好都合である。勿論、この膜厚を $1\sim 2\mu\text{m}$ と厚くすることも可能であり、この場合は耐熱性の低いドライフィルムレジストを有機絶縁物層または隔壁7として用いることも可能となる。

【0026】以下、トップシュータタイプのヘッドの具体的な例について説明するが、サイドシュータタイプにも同様に適用できることは既に説明した通りである。

【0027】まず、図2に示すヘッドの製造プロセスから説明する。

【0028】 Si 基板1の上に厚さ $1\sim 2\mu\text{m}$ の SiO_2 断熱層2を熱酸化、スパッタ、あるいはCVDなどの方法で形成する。この基板の上にドライバ回路を一体化して搭載する場合には、ドライバ回路を形成した Si ウエハを基板として使用するが、その場合には既にこの断熱層が形成されているのでそのまま使用すれば良い（本発明者の特願平07-320446号等参照）。

【0029】この基板の上に Ta-Si-O 三元合金薄膜と Ni 金属薄膜をスパッタ法を用いて順次積層し、フォトリソ法によって薄膜発熱抵抗体（図2の発熱部で示される3の部分）と薄膜導体5を形成する。 Ta-Si-O 三元合金薄膜は本発明者が特願平07-340486号に記載したように、夫々の組成が、 $64\%\leq\text{Ta}\leq 85\%$ 、 $5\%\leq\text{Si}\leq 26\%$ 、 $6\%\leq\text{O}\leq 15\%$ の範囲にあることが望ましいが、この後で述べる熱酸化処理で薄くて安定な絶縁性自己酸化膜を形成できる抵抗体材料であれば他の材料を用いることも可能である。

【0030】次に、この発熱抵抗体が形成されている基板を 350°C 以上の酸化雰囲気中で熱処理を行い、薄膜発熱抵抗体上に絶縁性自己酸化膜4を形成させる。熱処理温度が 350°C 以上という条件は、発熱抵抗体のパルス加熱温度が $320\sim 330^\circ\text{C}$ に達しても抵抗値が変化しないための必要条件である。 Si 基板1上にドライバ回路が搭載されている場合は、このA1配線にダメージを与えないよう、熱処理温度は 400°C を越えないようにしなければならない。また、薄膜発熱抵抗体にパルス通電を行い、その部分だけを $500\sim 600^\circ\text{C}$ に加熱して酸化膜を形成させても良い。いずれにしても、厚さ約 $0.1\mu\text{m}$ の Ta-Si-O 三元合金薄膜抵抗体の全表面は、この酸化処理によって厚さ約 $0.01\mu\text{m}$ の自己酸化膜で完全に被覆され、導電性インクが充填されても電氣的絶縁が確保される。

【0031】次に、この基板の上にフォトリソを塗布、露光、現像し、無機絶縁物層6を積層させる予定の領域を除き、他を被覆する。この時のレジスト膜厚は、

積層させる無機絶縁物層6の厚さの2～3倍にする必要があるため、厚い無機絶縁物層を積層させる場合は技術的に難しくなる。そして、この上に SiO_2 または Ta_2O_5 のような熱伝導率の低い無機絶縁物層6を $0.3\sim 0.5\mu\text{m}$ の厚さでスパッタ法などを用いて積層する。この後、フォトリソ膜を剥離液で除去すると、発熱抵抗体の一部を含む薄膜導体が図2に示されるように無機絶縁物層6で被覆された状態となる。無機絶縁物層6で被覆する発熱抵抗体は出来るだけ少ない方が熱効率の点から望ましい。しかし、断差による欠陥部9が有機絶縁物層7で間違いなく覆われ、この部分がインクに触れないようにする必要がある。このヘッドを製造する薄膜プロセスでの許容誤差を $\pm 1\mu\text{m}$ 以内とすることは容易なので、結局、無機絶縁物層6が発熱抵抗体を被覆しなければならない範囲（図2の低温部）は $5\sim 6\mu\text{m}$ となる。本願で試作した360dip（約 $69\mu\text{m}$ ピッチ）のノズル配列では、核沸騰させる発熱抵抗体サイズは約 $50\mu\text{m}\square$ となるので、形成する発熱抵抗体サイズは約 $50\mu\text{m}$ 幅 $\times 55\sim 56\mu\text{m}$ 長さとなり、約10%の熱効率の低下ですむことになる。

【0032】この後、インク流路やインク供給穴を形成し、有機絶縁物層、隔壁7とオリフィスプレート10を形成するが、これらは本発明者が出願した特願平07-135185号、特願平07-288877号、特願平07-320446号、特願平07-334802号等に詳しく記載した通りである。ここでは有機絶縁物層（隔壁）7として感光性ポリイミドを用いて $10\mu\text{m}$ 厚さに形成し、オリフィスプレート10は $33\mu\text{m}$ 厚さのポリイミド/エポキシ2層フィルムを用い、ドライエッチングで $50\mu\text{m}\phi$ のノズル穴12を形成した。

【0033】なお、無機絶縁物層6の形成にリフトオフ法を採用したが、その理由は通常用いられているフォトリソ法が本願のケースでは使用不可能であることによる。すなわち、無機絶縁物層6を全面に形成し、これをフォトリソで除去する場合、これと同系統の材料である SiO_2 断熱層2もエッチングしてしまうためである。

【0034】このようにして作られたヘッドを用い、市販されている各種インクジェットプリンタ用カートリッジに充填されているインクも含めて7～8種類のインクを充填、吐出させて長時間の印字テストを行ったが、2～3億ドットの吐出に対しても何らの異常も認められなかった。

【0035】しかし、有機絶縁物層（隔壁）7の材料として耐熱性の低いドライフィルムレジスト、あるいはフォトリソ材料を用いてヘッドを試作し、上記と同様のインクを充填して吐出評価を行ったところ、1億ドットまでの試験で半数以上のノズルが吐出不能となることがわかった。不良解析の結果は、 Ni 個別電極とその付近の発熱抵抗体が腐蝕していることから、 100°C 程度

の耐熱性しかないフォトレジストの剥離が第1の原因であると推定している。

【0036】一方、このフォトレジストを隔壁に用いる場合でも、無機絶縁物層6の厚さを $1.5\mu\text{m}$ 程度に厚くすることでこの不良は皆無となり、条件次第では実用することも可能であることが分かった。すなわち、上記推定の正しさが証明されたと考えられる。どちらの方法が優れているかは製造歩留まりとコストの観点から決定されよう。

【0037】なお、ここで試作したヘッドは、Ni共通電極に対する保護を行っていない。すなわち、インクによる単純な腐蝕が発生しない電極材料では、その保護層が不要であることを示している。しかし、良導体であるAlやCu配線では腐蝕破断が発生するので、共通電極側も図1に示す保護方法を適用することが必要である。勿論、これによって腐蝕破断が皆無となることはいうまでもない。そして、これによる熱効率の低下も10%程度追加されるだけであるので、この場合でも必要印加エネルギーは $3.3\text{W} \times 1\mu\text{m} / 50\mu\text{m} \square$ 発熱抵抗と格段に低いことには変わりはない。

【0038】このように、従来型ヒータに比べて格段に低い投入エネルギーはインクカートリッジの温度上昇を大幅に抑え、強制冷却の不要化によるプリンタの低コス

ト、小型化を達成することも出来た。

【0039】

【発明の効果】本発明によれば、薄膜発熱抵抗は極薄の絶縁性自己酸化膜で、薄膜導体は薄い無機絶縁物層と有機絶縁物層で保護したので、インクの吐出に必要な投入エネルギーを従来型発熱抵抗に比べて、 $1/5 \sim 1/10$ と大幅に低減でき、しかも数億パルスのインク吐出にも耐えられる高信頼のインクジェット記録ヘッドを実現することができた。これは、ヘッドが実装されているインクカートリッジの冷却を不要化し、プリンタの低コスト化と小型化を図ることを可能とした。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明をサイドシュータタイプのヘッドに適用した場合の薄膜導体近傍の断面図。

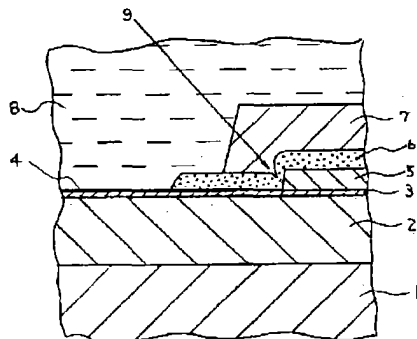
【図2】 本発明をトップシュータタイプのヘッドに適用した場合の個別薄膜導体近傍の断面図。

【図3】 本発明者が採用した従来型トップシュータタイプヘッドの個別薄膜導体近傍の断面図。

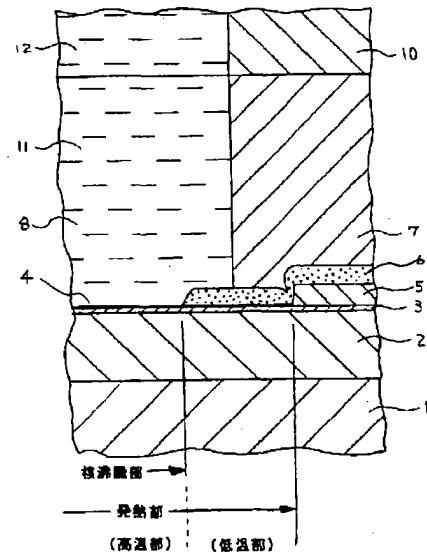
【符号の説明】

1はSi基板、2は SiO_2 断熱層、3は薄膜抵抗体、4は自己酸化被膜、5は薄膜導体、6は無機絶縁物層、7は有機絶縁物層、8はインクである。

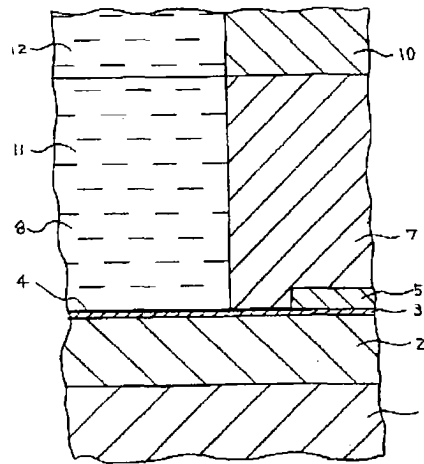
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 清水 一夫
茨城県ひたちなか市武田1060番地 日立工
機株式会社内

(72)発明者 川澄 勝則
茨城県ひたちなか市武田1060番地 日立工
機株式会社内